

PC10500

**Verfahren zur Betätigung einer elektromechanischen
Feststellbremsvorrichtung**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Betätigung einer elektromechanischen Feststellbremsvorrichtung bei einer mittels eines elektromechanischen Aktuators betätigbaren Bremse, bei der der Aktuator aus einem Elektromotor sowie einem dem Elektromotor nachgeschalteten Untersetzungsgetriebe zur Umwandlung einer Drehbewegung in eine translatorische Bewegung besteht, und bei der die elektromechanische Feststellbremsvorrichtung als ein Verriegelungsmechanismus ausgebildet ist, der die Drehbewegung des Aktuators in Löserichtung verhindern kann und der erst wieder durch weiteres Zuspinnen gelöst werden kann.

Eine derartige elektromechanisch betätigbare Bremse ist aus der internationalen Patentanmeldung WO 99/45292 bekannt. Die elektromechanische Feststellbremsvorrichtung der vorbekannten Bremse besteht aus einer mittels eines Elektromagneten betätigbaren Sperrklinke, die mit einem Zahnkranz in Eingriff bringbar ist, der am Rotors des Elektromotors befestigt ist. Der genannten Veröffentlichung sind jedoch keine Hinweise auf die Ansteuerung der Feststellbremsvorrichtung zu entnehmen. Die vorbekannte Bremse weist keinen Sensor zur Ermittlung der Spannkraft

auf, so dass diese aus anderen Daten abgeschätzt werden muss.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Betätigung einer elektromechanischen Feststellbremsvorrichtung vorzuschlagen, das ohne die Verwendung eines Spannkraftsensors eine in sämtlichen Betriebszuständen zuverlässige Feststellbremsfunktion gewährleistet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass während der Aktivierung der Feststellbremsvorrichtung ein Mittelwert des Drehmoments des Elektromotors, das zum Aufbringen der dem Feststellbremsvorgang entsprechenden Zuspannkraft der Bremse erforderlich ist, bei gleichzeitiger Erfassung der Aktuatorposition ermittelt und gespeichert wird und der Elektromotor zu späteren Zeitpunkten derart angesteuert wird, dass er dieses, mit einem Korrekturfaktor $k_n \Rightarrow 1$ multiplizierte Drehmoment aufbringt, so dass die aufgebrachte Spannkraft aufrecht erhalten bzw. erhöht wird.

Weitere vorteilhafte Merkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens sind den Unteransprüchen 2 bis 12 entnehmbar.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird in der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 eine Ausführung einer mit einer elektromechanischen Feststellbremsvorrichtung ausgestatteten, elektromechanisch betätigbaren Bremse im Axialschnitt, bei der das erfindungsgemäße Verfahren anwendbar ist,
- Fig. 2 die Ausführung der bei der Bremse gemäß Fig. 1 verwendeten Feststellbremsvorrichtung,
- Fig. 3 die Feststellbremsvorrichtung gemäß Fig. 2 in Ruhestellung in gebrochener Darstellung,
- Fig. 4 die Feststellbremsvorrichtung gemäß Fig. 2 in betätigter Stellung in gebrochener Darstellung und
- Fig. 5 eine diagrammatische Darstellung des Ablaufs des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die insbesondere in Fig. 1 der Zeichnung dargestellte, elektromechanisch betätigbare Bremse, bei der das erfindungsgemäße Verfahren anwendbar ist und die als eine Schwimmsattel-Scheibenbremse ausgeführt ist, besteht im wesentlichen aus einem elektromechanischen Aktuator sowie einem lediglich schematisch angedeuteten Bremssattel, der in einem nicht gezeigten feststehenden Halter verschiebbar gelagert ist. Ein Paar von Reibbelägen 4 und 5 ist im Bremssattel derart angeordnet, dass sie der linken und der rechten Seitenfläche einer Bremscheibe 6 zugewandt sind.

Nachstehend wird der in der Zeichnung rechts gezeigte Reibbelag 4 als erster Reibbelag und der andere, mit 5 bezeichnete Reibbelag als zweiter Reibbelag bezeichnet. Während der erste Reibbelag 4 mittels eines Betätigungselements 7 durch den Aktuator direkt mit der Bremsscheibe 6 in Eingriff bringbar ist, wird der zweite Reibbelag 5 durch die Wirkung einer bei der Betätigung der Anordnung vom Bremssattel aufgebrachten Reaktionskraft gegen die gegenüberliegende Seitenfläche der Bremsscheibe 6 gedrückt. Der Aktuator, der mittels nicht gezeigter Befestigungsmittel am Bremssattel angebracht ist, weist einen modularen Aufbau auf und besteht im wesentlichen aus drei selbständig handhabbaren Baugruppen bzw. Modulen, und zwar aus einer Antriebseinheit 1, einem den ersten Reibbelag 4 betätigenden ersten Untersetzungsgetriebe 2 und einem zwischen der Antriebseinheit 1 und dem ersten Untersetzungsgetriebe 2 wirkungsmäßig geschalteten zweiten Untersetzungsgetriebe 3.

Die vorhin erwähnte Antriebseinheit 1 besteht aus einem Elektromotor 10, der im dargestellten Beispiel als ein permanentmagneterregter, elektronisch kommutierter Motor ausgebildet ist, dessen Stator 9 unbeweglich in einem Motorgehäuse 8 angeordnet ist und dessen Rotor 11 durch einen ringförmigen Träger 13 gebildet ist, der mehrere Permanentmagnetsegmente 14 trägt. Zwischen dem Elektromotor 10 und dem vorhin erwähnten Betätigungselement 7 ist wirkungsmäßig das erste Untersetzungsgetriebe 2 angeordnet, das im gezeigten Beispiel als ein Kugelgewindetrieb 16 bis 21

ausgebildet ist, das in einem Getriebegehäuse 15 gelagert ist, das auch einteilig mit dem vorhin erwähnten Bremssattel ausgeführt sein kann. Der Kugelgewindetrieb besteht dabei aus einer Gewindemutter 16 sowie einer Gewindespindel 17, wobei zwischen der Gewindemutter 16 und der Gewindespindel 17 mehrere Kugeln 18 angeordnet sind, die bei einer Rotationsbewegung der Gewindespindel 17 umlaufen und die Gewindemutter 16 in eine axiale bzw. translatorische Bewegung versetzen. Die Gewindemutter 16 bildet dabei vorzugsweise das vorhin erwähnte Betätigungselement 7. Die vom Elektromotor 10 über das zweite Untersetzungsgetriebe 3 angetriebene Gewindespindel 17 ist dabei vorzugsweise dreiteilig ausgebildet und besteht aus einem mit der Gewindemutter 16 mittels der vorhin erwähnten Kugeln 18 im Eingriff stehenden, rohrförmigen ersten Spindelteil 19, einem ringförmigen zweiten Spindelteil 20 sowie einem dritten Spindelteil 21.

Die Anordnung ist dabei vorzugsweise derart getroffen, dass der Rotor 11 des Motors 10 unter Zwischenschaltung des zweiten Untersetzungsgetriebes 3 das dritte Spindelteil 21 antreibt, während die Gewindemutter 16 sich am ersten Reibbelag 4 abstützt.

Eine Reduzierung des erforderlichen Motormoments wird bei der in der Zeichnung dargestellten Ausführung der Erfindung durch zweckmäßige Integration eines Planetengetriebes 30 - 34 erreicht, das das vorhin erwähnte zweite Untersetzungsgetriebe 3 bildet. Das Planetengetriebe, das wirkungsmäßig zwischen dem Rotor 11 und der Gewindespindel 17 angeordnet ist, besteht aus einem Sonnenrad 30, das vorzugsweise durch einen am Rotor 11 ausgebildeten, außen verzahnten Bereich 22 gebildet ist, mehreren gestuften Planetenrädern, von denen zwei dargestellt und mit den Bezugszeichen 31 und 32 versehen sind, sowie einem Hohlrad 33. Die gestuften Planetenräder 31, 32, die in einem Planetenkäfig 34 gelagert sind, weisen eine mit dem Sonnenrad 30 zusammenwirkende erste Stufe sowie eine mit dem Hohlrad 33 zusammenwirkende zweite Stufe auf, wobei die erste Stufe durch Zahnräder 31a, 32a größeren Durchmessers und die zweite Stufe durch Zahnräder 31b, 32b kleineren Durchmessers gebildet sind. Der vorhin erwähnte Planetenkäfig 34 ist dabei vorzugsweise derart ausgeführt, dass sein zwischen den Lagerstellen der Planetenräder 31, 32 und der Ankopplungsstelle der Gewindespindel 17 liegender Bereich sowohl ein geringes axiales als auch radiales Spiel sowie einen geringen Winkelversatz zulässt und beispielsweise als eine Lamellenscheibe oder ein Faltenbalg ausgebildet ist. Das Hohlrad 33 wird durch einen innenverzahnten Bereich eines das Gehäuse des Planetengetriebes bildenden Deckels 23 gebildet.

Die vorhin erwähnte Gewindemutter 16 des Kugelgewindetriebs ist in einem topfförmigen Führungsteil 12 geführt bzw. gelagert. Die Lagerung der Gewindemutter 16 im Führungsteil 12 erfolgt sowohl in ihrem dem ersten Reibbelag 4 zugewandten Bereich mittels eines im Führungsteil 12 angeordneten ersten Gleitringes 28 als auch in ihrem dem Reibbelag 4 abgewandten Endbereich mittels eines auf der Gewindemutter 16 angeordneten zweiten Gleitringes 29.

Weiterhin ist Fig. 1 zu entnehmen, daß das zweite ringförmige Spindelteil 20 sich an einem innerhalb des Führungsteils 12

angeordneten Axiallager 26 abstützt, während das dritte Spindelteil 21 mittels einer formschlüssigen Steckverbindung mit dem Planetenkäfig 34 des zweiten Untersetzungsgetriebes 3 verbunden ist. Zu diesem Zweck ist das Ende des dritten Spindelteiles 21 beispielsweise als Bestandteil einer Torx-Verbindung oder als ein Sechskant ausgebildet, der in eine entsprechend geformte Öffnung im Planetenkäfig 34 hineingeschoben wird. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die formschlüssige Steckverbindung torsionssteif, radial nachgiebig und biegeweich an den Planetenkäfig 34 angekoppelt ist. Die Ankopplung erfolgt mittels eines Außenringes 51 eines im Deckel 23 vorgesehenen Radiallagers 50. Eine zwischen der Gewindemutter 16 und dem Führungsteil 12 eingespannte elastische Dichtung bzw. Dichtmanschette 27 verhindert ein Eindringen von Verunreinigungen ins Innere des Kugelgewindetriebs.

Außerdem ist es für eine einwandfreie Funktion der erfindungsgemäßen Betätigungseinheit sinnvoll, wenn die Gewindemutter 16 an ihrem dem Reibbelag 4 abgewandten Ende mit einem nicht gezeigten axialen Vorsprung versehen ist, der bei ihrem Zurückstellen mit einem am Umfang des zweiten Spindelteiles 20 ausgebildeten Anschlag zusammenwirkt. Durch Abstützen einer Seitenfläche des Vorsprungs am Anschlag wird ein weiteres Zurückstellen der Gewindemutter 16 wirksam verhindert, so dass kein Verklemmen der beiden Teile 16, 20 eintreten kann.

Um die aktuelle Position des Rotors 11 zu ermitteln ist ein nicht näher dargestelltes Lageerkennungssystem 46 vorgesehen. Die Lageinformation wird dann mittels eines Hallsensors oder eines magnetoresistiven Elements ermittelt.

Um schließlich die Funktion einer Feststellbremse realisieren zu können weist die erfindungsgemäße Betätigungseinheit elektromechanische Mittel (s. Fig. 2) auf, die, mit dem Rotor 11 des Elektromotors 10 zusammenwirkend, sein Verriegeln ermöglichen. Im gezeigten Ausführungsbeispiel werden die elektromechanischen Mittel durch einen elektromagnetisch betätigbaren Freilauf gebildet, der das Bezugszeichen 35 trägt und mit einem Radiallager 24 zusammenwirkt, in dem der Rotor 11 gelagert ist. Die dem Freilauf 35 zugeordnete elektrische Aktuatorik ist in der Art eines mechanischen Flip-Flops aufgebaut, dessen Zustand bei jeder kurzen Bestromung geändert wird.

Wie insbesondere Fig. 2 bis 4 zu entnehmen ist, sind wesentliche Teile des Freilaufs 35 im oben erwähnten Radiallager 24 integriert. Zu diesem Zweck sind sowohl der Außenring 36 als auch der Innenring 37 des Radiallagers 24 einseitig derart verlängert, dass sie einen Ringraum begrenzen, der einen Klemmkörper 38 aufnimmt, wobei durch die besondere Gestaltung des verlängerten Bereichs der Lagerringe 36, 37 eine formschlüssige Verbindung zwischen den Lagerringen 36, 37 und dem Klemmkörper 38 gewährleistet ist. Der Außenring 36 weist dabei vorzugsweise in seinem mit dem Klemmkörper 38 zusammenwirkenden Bereich eine radiale Ausnehmung 39 auf, die einseitig durch eine Schräge bzw. Rampe 40 begrenzt wird, während der Innenring 37 mit einer Profilierung 41 versehen ist, die der Kontur des Klemmkörpers 38 entspricht und mit der Ausnehmung 39 einen Klemmspalt begrenzt. Der Klemmkörper 38, der als eine Klemmrolle oder kugelförmig ausgeführt werden kann, wird auf die vorhin erwähnte Ausnehmung 39 zu mittels eines ringförmigen Federelementes 42 vorgespannt.

Der Betätigung des Freilaufs 35 dient eine elektromagnetische Betätigungseinrichtung, die im gezeigten Beispiel das

Bezugszeichen 43 trägt. Die Betätigungseinrichtung 43 besteht im wesentlichen aus einem bistabilen Elektromagneten 44 sowie einem Stößel 45, der mit dem Anker des Elektromagneten 44 zusammenwirkt und beim Aktivieren des Elektromagneten 44 den Klemmkörper 38 radial verstellt. Der Stößel 45 wird in einer rohrförmigen Führung 47 geführt, die an einem den Lager-Außenring 36 aufnehmenden, im Motorgehäuse 8 angeordneten ringförmigen Aufnahmeteil 48 angeformt ist.

Beim Aktivieren der Feststellbremsvorrichtung 35 ist die folgende Funktionsabfolge vorgesehen, die im Zusammenhang mit Fig. 5 näher erläutert wird:

Zunächst wird die elektromechanische Bremse durch eine entsprechende Ansteuerung des Elektromotors 10 auf das notwendige Zuspannkraftniveau F_{park} zugespant. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Bremse im „warmen“ Zustand befindet, so dass die Aktivierung der Feststellbremsvorrichtung gemäß der Charakteristik $F = f(\varphi)$ durchgeführt wird. Die einzustellende Zuspannkraft F_{park} wird bei der Aktuatorposition bzw. der Position des Rotors erreicht, die mit φ_{park} bezeichnet wird. In dem durch die erwähnten Koordinaten φ_{park} , F_{park} definierten Punkt A wird die Feststellbremsvorrichtung 35 verriegelt. Gleichzeitig wird durch Messen des dem Elektromotor 10 zugeführten Stroms der Mittelwert M_{park} des vom Elektromotor 10 aufgebrauchten Drehmoments ermittelt, der dem Wirkungsgrad $= 1$ der Anordnung entspricht. Der Mittelwert wird dabei vorzugsweise auf einen unteren Grenzwert überprüft. Liegt der Drehmoment-Mittelwert unter diesem Grenzwert, so wird das Drehmoment (und somit auch die Zuspannkraft) auf den Grenzwert erhöht. Liegt der Drehmoment-Mittelwert über dem Grenzwert, so bleibt es bei der eingeregelter Zuspannkraft. Der Drehmoment-Mittelwert, mit dem die Bremse zugespant wurde, wird in einem nicht flüchtigen Speicher (EEPROM) gespeichert. Anschließend

wird der Drehmoment-Mittelwert M_{park} in einem nicht dargestellten elektronischen Steuergerät bzw. Regler mit einem Korrekturfaktor $k_{\eta} > 1$ multipliziert und somit ein höherer Drehmomentwert $M_{1\text{park}}$ festgelegt. Unter der Annahme, dass in diesem Fall der aufsteigende Zweig der wirkungsgradabhängigen Hysteresekennlinie zu berücksichtigen ist bzw. herangezogen wird, ergibt sich aus dem höheren Drehmomentwert $M_{1\text{park}}$ eine höhere Zuspannkraft F_1 , der ein Verriegelungspunkt A_1 auf der Kennlinie $F = f(\varphi)$ entspricht. Der zusätzlichen Ansteuerung des Aktuators im Sinne der erwähnten Zuspannkrafterhöhung entspricht eine geänderte Aktuatorposition $\varphi_{1\text{park}}$.

Es ist zu erwähnen, dass beim Zuspinnen der Bremse der Rotor 11 bzw. der Lager-Innenring 37 entgegen der Klemmrichtung des Freilaufs 35, d.h., in der Zeichnung nach links, bewegt werden. Wenn bei der Betätigung der Feststellbremse der Klemmkörper 38 durch Aktivieren des Elektromagneten 44 in Richtung auf die Profilierung 41 zu verstellt wird, rollt er auf der vorhin erwähnten Rampe 40 in den sich verjüngenden Klemmspalt. Wird nun der dem Elektromotor 10 zugeführte Strom reduziert, so versucht die Federkraft der zugespinnenen Bremse den Rotor 11 bzw. den Lager-Innenring 37 in Klemmrichtung zu verdrehen. Dadurch wird die Feststellbremsvorrichtung sicher verriegelt. Die verriegelte Stellung der Feststellbremsvorrichtung ist in Fig. 4 dargestellt.

Zum Lösen der Feststellbremsvorrichtung nach kurzer Zeit (während der es noch nicht zu einem Nachspannen gekommen ist) muss der Elektromotor 10 die Bremse durch die Vorgabe eines deutlich über dem vorher benannten Drehmoment $M_{1\text{park}}$ liegenden Drehmomentwert $M_{1\text{ös}} = k_{1\text{ös}} * k_{\eta} * M_{\text{park}}$ über eine definierte Zeit weiter zuspinnen und der Elektromagnet 44 muss wiederum einmalig betätigt werden, um den Stößel 45 nach oben zu bewegen. Der dadurch entlastete Klemmkörper 38 wird durch die

Kraft des ihn vorspannenden Federelementes 42 in die Ausnehmung 39 des Lager-Außenringes 36 gedrückt und der Rotor 11 ist in beiden Richtungen frei drehbar. Ein Lösen der Feststellbremsvorrichtung kann alternativ auch dadurch erreicht werden, dass der Elektromotor über eine vorher festgelegte Zeit derart angesteuert wird, dass er sein maximales Drehmoment M_{\max} aufbringt.

Ähnlich wird auch in dem Fall verfahren, in dem bei der im Punkt A verriegelten Feststellbremsvorrichtung aufgrund einer Abkühlung der Bremse bei unveränderter Aktuatorposition φ_{park} eine Reduzierung der eingestellten Zuspannkraft auf einen mit $F_{2\text{park}}$ bezeichneten Wert stattfindet. Diesem Wert entspricht ein Betriebszustand, der durch einen Punkt A_2 auf einer Kennlinie $F_T = f(\varphi)$ dargestellt ist, die für den abgekühlten Zustand der Bremse gültig ist und die durch eine temperaturabhängige Verschiebung der vorhin erwähnten Kennlinie entsteht. Die zur Erhöhung der erforderlichen Zuspannkraft auf den vorhin erwähnten Wert F_1 benötigte nochmalige Ansteuerung des Elektromotors 10 wird durch die Koordinate φ'_{park} dargestellt.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind selbstverständlich auch zahlreiche Modifikationen des beanspruchten Verfahrens denkbar. So kann das Verfahren in vorab festgelegten Zeitspannen nach dem ersten Aktivieren der Feststellbremsvorrichtung, ggf. in Abhängigkeit von einer Aktuatortemperaturdifferenz, wiederholt werden. Die Aktuatortemperaturdifferenz entspricht dabei vorzugsweise der Differenz aus der Aktuatortemperatur beim ersten Aktivieren der Feststellbremsvorrichtung bzw. beim letzten Nachspannen der Bremse und der aktuellen Aktuatortemperatur, die z. B. mittels eines Aktuatortemperaturmodells geschätzt wird. Der vorhin erwähnte Korrekturfaktor k_n hängt vom Aktuatorwirkungsgrad bzw. von einer gemessenen oder geschätzten Hanglage des Fahrzeugs

ab. Außerdem ist es denkbar, dass während des Lösevorgangs der Feststellbremsvorrichtung nach einem erfolgten weiteren erforderlichen Zuspinnen der Bremse eine neue Aktuatorposition-Zuspannkraft-Kennlinie des Aktuators geschätzt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Betätigung einer elektromechanischen Feststellbremsvorrichtung bei einer mittels eines elektromechanischen Aktuators betätigbaren Bremse, bei der der Aktuator aus einem Elektromotor sowie einem dem Elektromotor nachgeschalteten Untersetzungsgetriebe zur Umwandlung einer Drehbewegung in eine translatorische Bewegung besteht, und die elektromechanische Feststellbremsvorrichtung als ein Verriegelungsmechanismus ausgebildet ist, der die Drehbewegung des Aktuators in Löserichtung verhindern kann und der erst wieder durch weiteres Zuspinnen gelöst werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass während der Aktivierung der Feststellbremsvorrichtung ein Mittelwert des Drehmoments (M_{park}) des Elektromotors, das zum Aufbringen der dem Feststellbremsvorgang entsprechenden Zuspinnkraft der Bremse erforderlich ist, bei gleichzeitiger Erfassung der Aktuatorposition (φ) ermittelt und gespeichert wird und der Elektromotor zu späteren Zeitpunkten derart angesteuert wird, dass er dieses, mit einem Korrekturfaktor $k_n \Rightarrow 1$ multiplizierte Drehmoment (M_{park}) aufbringt, so dass die aufgebrachte Spannkraft aufrecht erhalten bzw. erhöht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung des Drehmoments (M_{park}) durch Messen des dem Elektromotor (10) zugeführten Stroms erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, dass der ermittelte Drehmoment-Mittelwert (M_{park}) auf einen unteren Grenzwert hin überwacht wird und beim Unterschreiten dieses Grenzwertes auf diesen unteren Grenzwert gesetzt

wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 und 2 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Elektromotor (10) in vorab festgelegten Zeitspannen nach dem ersten Aktivieren der Feststellbremsvorrichtung derart angesteuert wird, dass er das mit dem Korrekturfaktor $k_n \Rightarrow 1$ multiplizierte Drehmoment (M_{park}) aufbringt.
5. Verfahren nach Anspruch 1 und 2 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Elektromotor (10) in Abhängigkeit von einer Aktuatortemperaturdifferenz derart angesteuert wird, dass er das mit dem Korrekturfaktor $k_n \Rightarrow 1$ multiplizierte Drehmoment (M_{park}) aufbringt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aktuatortemperaturdifferenz der Differenz aus der Aktuatortemperatur beim ersten Aktivieren der Feststellbremsvorrichtung bzw. beim letzten Ansteuern des Elektromotors (10) zum Aufbringen des mit dem Korrekturfaktor $k_n \Rightarrow 1$ multiplizierten Drehmoments (M_{park}) und der aktuellen Aktuatortemperatur entspricht.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aktuatortemperatur mit Hilfe eines Aktuatortemperaturmodells geschätzt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Korrekturfaktor k_n vom Aktuatorwirkungsgrad abhängt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Korrekturfaktor k_n von einer

gemessenen oder geschätzten Hanglage des Fahrzeugs abhängt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Lösen der Feststellbremsvorrichtung der Elektromotor (10) über eine vordefinierte Zeit derart angesteuert wird, dass eine Drehmomentvorgabe $M_{\text{lös}} = k_{\text{lös}} * k_{\eta} * M_{\text{park}}$ erfüllt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Lösen der Feststellbremsvorrichtung der Elektromotor über eine vordefinierte Zeit derart angesteuert wird, dass er sein maximales Drehmoment $M_{\text{lös}} = M_{\text{max}}$ aufbringt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 **dadurch gekennzeichnet**, dass während des Lösens der Feststellbremsvorrichtung eine neue Aktuatorposition-Zuspannkraft-Kennlinie des Aktuators geschätzt wird.

Zusammenfassung

**Verfahren zur Betätigung einer elektromechanischen
Feststellbremsvorrichtung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Betätigung einer elektromechanischen Feststellbremsvorrichtung bei einer mittels eines elektromechanischen Aktuators betätigbaren Bremse, bei der der Aktuator aus einem Elektromotor sowie einem dem Elektromotor nachgeschalteten Untersetzungsgetriebe zur Umwandlung einer Drehbewegung in eine translatorische Bewegung besteht, und die elektromechanische Feststellbremsvorrichtung als ein Verriegelungsmechanismus ausgebildet ist, der die Drehbewegung des Aktuators in Löserichtung verhindern kann und der erst wieder durch weiteres Zuspinnen gelöst werden kann.

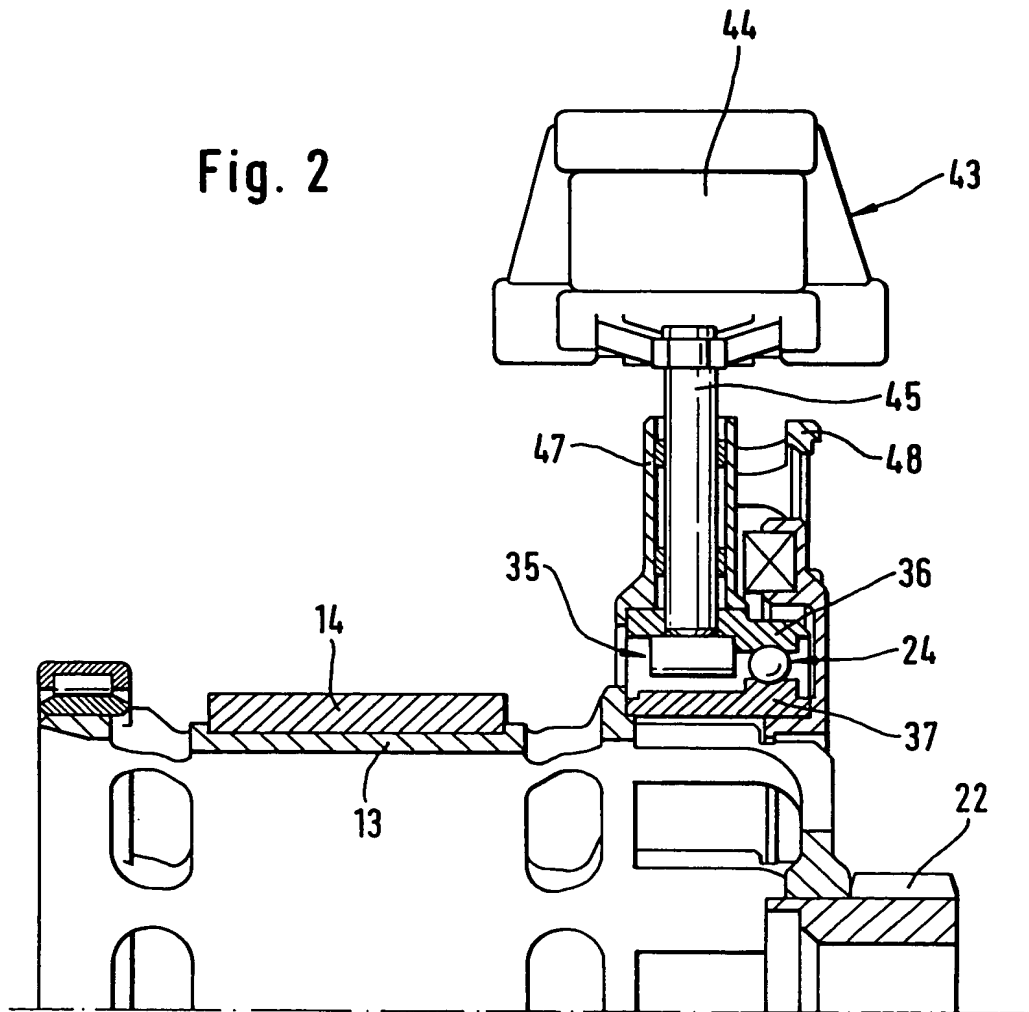
Um sicherzustellen, dass die elektromechanische Feststellbremsvorrichtung ohne die Verwendung eines Spannkraftsensors in sämtlichen Betriebszuständen zuverlässig arbeitet, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass während der Aktivierung der Feststellbremsvorrichtung ein Mittelwert des Drehmoments (M_{park}) des Elektromotors, das zum Aufbringen der dem Feststellbremsvorgang entsprechenden Zuspinnkraft der Bremse erforderlich ist, bei gleichzeitiger Erfassung der Aktuatorposition (φ) ermittelt und gespeichert wird und der Elektromotor zu späteren Zeitpunkten derart angesteuert wird, dass er dieses, mit einem Korrekturfaktor $k_n \Rightarrow 1$ multiplizierte Drehmoment (M_{park}) aufbringt, so dass die aufgebrachte Spannkraft aufrecht erhalten bzw. erhöht wird.

(Fig. 5)

Fig. 1

2/4

Fig. 2



3/4

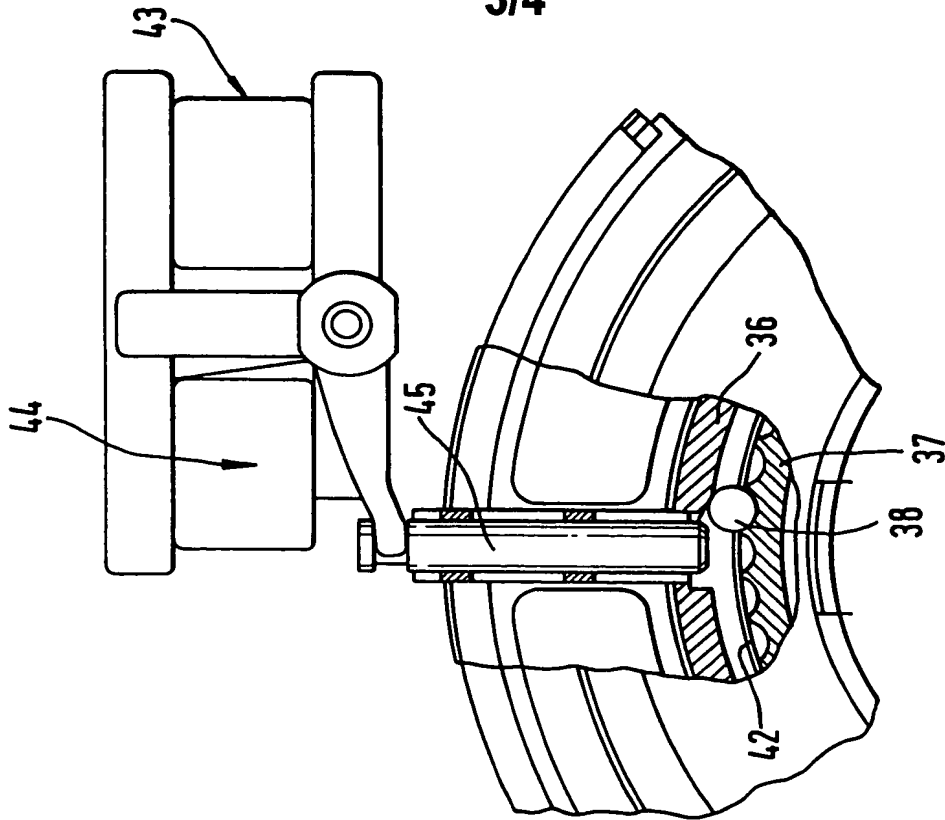


Fig. 4

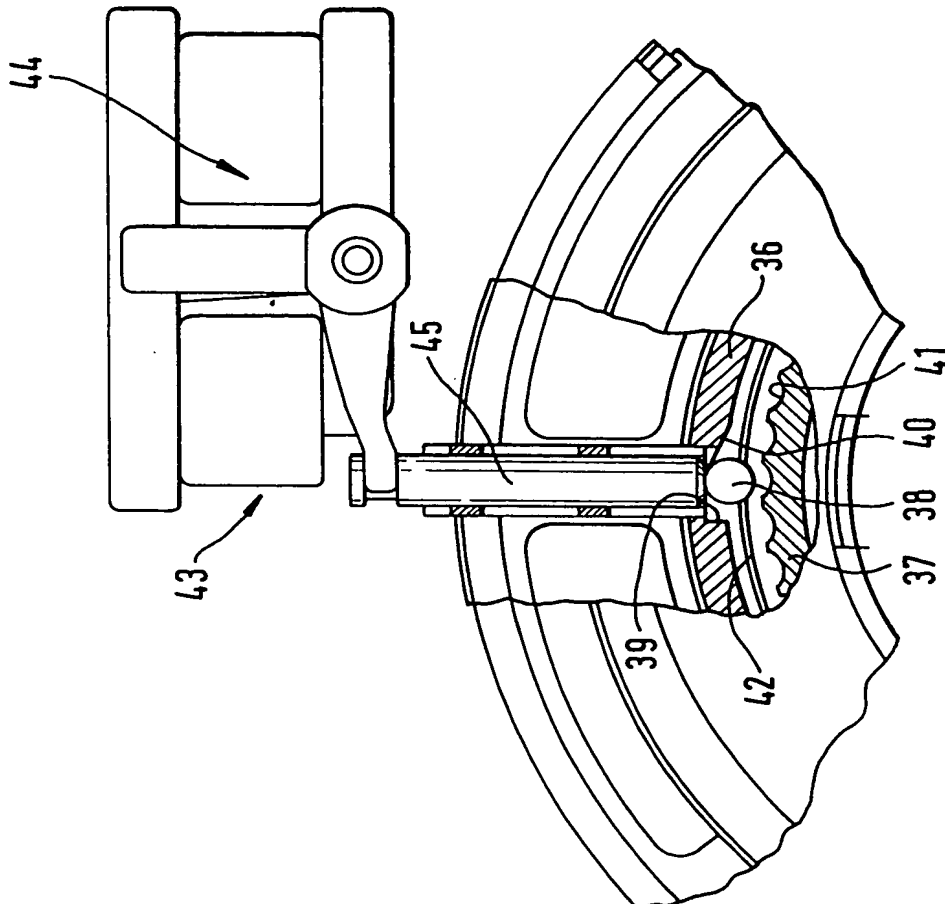


Fig. 3

4/4

Fig. 5

